نشریه بین المللی علوم مهندسی دانشگاه علم وصنعت ایران
ویژه‌نامه مهندسی مواد، معدن و عمران، جلد ۱۹، شماره ۹، سال ۱۳۸۷، صفحه ۶۳-۵۵

SELECTING ALUMINA - CEMENT PLANT LOCATION BY ELECTRE APPROACH

M. Ataei

Associated professor of Faculty of Mining Engineering and Geophysics, Shahrood University of Techology

***Abstract**: One of the most important factors leading to the success of a cement plant is its location. A multicriteria decision-making method is used to rank alternative plant locations. The set of criteria is established and corresponding criteria should be established for each case study, although this multicriteria decision-making approach has broader applicability. In this paper, ELECTRE approach with five criteria is used to develop a location evaluation for Alumina – cement plant in East- Azerbaijan province of Iran. Five alternatives for the plant location are evaluated. The main criteria are transportation consideration, water supply, power supply, fuel supply and land consideration. Other criteria have the same importance as for five alternatives. Finally Alternatives are ranked and the best site is proposed.*

انتخاب محل مناسب برای احداث کارخانه آلومینا- سیمان با استفاده از روش الکتر

محمد عطائی

چکیده: یکی از مهم‌ترین مسائل در طراحی موفقیت‌آمیز کارخانه‌ها، انتخاب محل مناسب آن می‌باشد. انتخاب محل مناسب یک مساله تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد. مجموعه معیارها مشخص می‌شوند و این معیارها برای محل‌های مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرند. در این مقاله به منظور محل مناسب برای احداث کارخانه آلومینا – سیمان در استان آذربایجان شرقی از روش الکتر استفاده شده است. پنج گزینه مورد ارزیابی قرار گرفته است. معیارهای مورد بررسی ملاحظات حمل نقل، تامین آب، تامین برق، تامین سوخت و زمین مورد نیاز بوده‌اند. معیارهای دیگری که در تعیین محل احداث کارخانه موثرند، تاثیر یکسان برای پنج گزینه مورد نظر داشته لذا مورد ارزیابی قرار نگرفته‌اند. در نهایت گزینه‌ها امتیازدهی و گزینه برتر انتخاب شده است.

واژه های کلیدی: محل کارخانه، تصمیم‌گیری چند معیاره، روش الکتر، سیمان

تاریخ وصول: ۸۶/۴/۱۰
تاریخ تصویب: ۸۷/۹/۱
دکتر محمد عطائی، دانشیار دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود.ataei@shahroodut.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

۱. مقدمه

سیمان به عنوان یک کالای صنعتی با بیش از صد سال عمر، از جمله ضروری‌ترین محصولات برای آبادانی می‌باشد. نظر به این که سیمان در رسیدن به اهداف عمرانی و توسعه کشور از جمله راه، سد، راه آهن، تونل، بهداشت، اسکان و ... نقش عمده و اصلی را بازی می‌کند و با در نظر گرفتن روند رو به رشد مصرف و تقاضای سیمان در کشور، احداث کارخانه‌های سیمان ضروری به نظر می‌رسد. با توجه به کاربردهای وسیع آلومینیوم در صنایع هواپیماسازی، خودروسازی، کشتی‌سازی، الکتریکی، کشاورزی، بسته‌بندی، شیشه، سرامیک، پلاستیک، کائوچو، کودهای شیمیایی، رنگ‌سازی، کاغذ-سازی، لوله‌های زه‌کشی، لوله‌های تاسیساتی و ... شناسایی ذخایر نفلین سینیت برای تولید آلومینا از دیر باز مورد توجه قرار گرفته است. مطالعات مقدماتی نشان داده‌اند که اکثر ذخایر نفلین سینیت کشور در استان آذربایجان شرقی قرار دارند و توده‌های نفلین سینیت کلیبر، بزگوش و رزگاه در این استان شناسایی شده‌اند. به منظور رفع نیازهای سیمان و نفلین سینیت کشور، طرح احداث کارخانه آلومینا - سیمان در استان آذربایجان شرقی ارائه شده است. تامین بخشی از آلومینای مورد نیاز کشور، تامین بخشی از سیمان مصرفی در آذربایجان شرقی و استان‌های مجاور و تامین بخشی از کربنات‌های پتاسیم و سدیم مصرفی در صنایع داخلی از جمله اثرات مثبت اقتصادی اجرای این طرح خواهد بود. در این مقاله سعی شده است با در نظر گرفتن معیارهای مختلف، محل مناسب برای احداث این کارخانه تعیین شود.

۲. مبانی انتخاب محل احداث کارخانه

به طور کلی، پس از مرحله مطالعات مهندسی و طراحی و تعیین پارامترهای زیربنائی برای تولید محصول از یک کارخانه، انتخاب محل مناسب برای احداث کارخانه و یا انتخاب محل ساختگاه مد نظر قرارمی‌گیرد. این انتخاب خود وابسته به پارامترهائی است که بخشی مستقیماً مربوط به نتایج طراحی کارخانه و بخشی نیز وابسته به فاکتورهای محیطی و یا اقتصادی می‌باشد. مهم‌ترین این معیارها عبارتند از: فضاهای مورد نیاز بخش‌های صنعتی و جنبی و پشتیبانی، نحوه دفع پساب و پس‌مانده صنعتی کارخانه، میزان مواد اولیه مصرفی سالیانه کارخانه و محل‌های تامین کننده آن‌ها، تامین زمین مناسب، بازارهای مصرف محصولات و تولیدات کارخانه، شرایط جوی محل استقرار کارخانه، حمل و نقل مواد اولیه مصرفی و تولیدات، مقدار مصرف آب و نحوه تامین و انتقال آن، مقدار مصرف برق کارخانه و نحوه تامین و انتقال آن، مقادیر مصرف سوخت کارخانه و نحوه تامین و انتقال آن‌ها، نحوه تهیه مصالح ساخت ساختمان‌های کارخانه، لرزه‌خیزی و وضعیت زمین از نظر گسل‌های زلزله، مراکز تامین و اسکان نیروی انسانی و عوامل محیطی از قبیل اثرات اجتماعی، زیست محیطی و ...[۱].

۳. مواد خام مورد نیاز

بر اساس تکنولوژی در نظرگرفته شده، برای تولید سالانه ۲۰۰ هزار تن آلومینا، ۳/۴ میلیون تن سیمان و ۱۵۳ هزار تن انواع کربنات‌ها به ۱/۲۸ میلیون تن سنگ نفلین سینیت و حدود ۳/۷ میلیون تن سنگ آهک نیاز خواهد بود. سنگ نفلین سینیت مورد نیاز کارخانه از معدن رزگاه و سنگ آهک مورد نیاز از معادن سنگ آهک ارشتناب و اسماعیل آباد تامین خواهد شد. تولید سالانه این دو معدن سنگ آهک به ترتیب ۲/۳۸و ۱/۲۴ میلیون تن خواهد بود. در شکل ۱ موقعیت جغرافیایی این معادن نشان داده شده است.

بوکسیت، سنگ آهن و گچ دیگر مواد خام لازم برای این کارخانه هستند. تمام این مواد به ندرت در یک نوع ماده خام وجود دارد. بنابراین برای دست‌یابی به ترکیب شیمیایی و رساندن مدول‌های سیمان‌سازی به حدود قابل قبول از جمله مدول هیدرولیکی، نسبت اشباع آهک، نسبت آلومین و نسبت سیلیس، لازم است مخلوطی از چند نوع ماده خام با نسبت‌های اختلاط مناسب، مورد استفاده قرار گیرد. همچنین مصرف سالیانه بوکسیت، سنگ آهن و گچ به ترتیب در حدود ۱۴۳، ۶۸ و ۱۷۰ هزار تن می‌باشد که با توجه به مقدار کم آن از منطقه و استان قابل تامین خواهند بود[۲].

۴. محل‌های احتمالی ساختگاه کارخانه

با بررسی اولیه عوامل زیر بنائی موثر در انتخاب محل احداث کارخانه از قبیل وجود زمین با وسعت و مورفولوژی مناسب برای محل کارخانه، امکان تملیک زمین و وجود مورفولوژی مناسب برای دفع پساب در فاصله‌ای مناسب از آن، امکان تامین آب و برق، دسترسی به جاده‌های اصلی و ... در منطقه بین سه معادن رزگاه، اسماعیل‌آباد و ارشتناب پنج محل احتمالی برای احداث کارخانه مشخص شده است که در شکل ۲ نشان داده شده است. این که در نهایت چه محلی برای احداث کارخانه انتخاب خواهد شد، به بررسی و مقایسه معیارهای موثر بستگی دارد.

۵. معیارهای موثر در انتخاب محل کارخانه

در انتخاب محل مناسب برای احداث کارخانه آلومینا – سیمان معیارهای ذیل مورد توجه قرار گرفته است:

۵-۱. حمل و نقل

باتوجه به حجم نسبتاً زیاد مواد اولیه مورد نیاز و محصولات تولیدی کارخانه، مسلماً مساله حمل ونقل این مواد یکی از مهم‌ترین موضوعات برای انتخاب محل کارخانه خواهد بود. سنگ نفلین سینیت مورد نیاز کارخانه از معدن رزگاه و سنگ آهک مورد نیاز این کارخانه از معادن ارشتناب و اسماعیل‌آباد و سایر مواد مورد نیاز از جمله سنگ آهن، بوکسیت، گچ و ... از مناطق اطراف کارخانه تامین خواهد شد. همچنین آلومینای تولیدی کارخانه بایستی به

Archive of SID

www.SID.ir

مناطق مرکزی و جنوبی کشور، سیمان به استان‌های مجاور و کربنات‌ها به مناطق مختلف کشور (بازار مصرف) حمل شود. بدیهی است که از نظر حمل و نقل باید ضمن در نظر گرفتن فواصل، مقدار محموله‌ای را که قرار است حمل شود نیز باید مورد توجه قرار گیرد. در جدول ۱ محل‌های احتمالی مختلف از نظر حمل و نقل مورد مقایسه قرار گرفته‌اند.

۵-۲. تامین آب

کارخانه آلومینا – سیمان به مقدار قابل توجهی آب (۵ میلیون متر مکعب در سال) نیاز دارد. با توجه به ۲۸۷ روز کاری در سال و سه شیفت در هر روز، در هر ثانیه به ۲۰۰ لیتر آب نیاز خواهد بود. این مقدار آب باید از طریق حفر چاه‌های آب در مناطق شربیان و اوجان‌چای تامین شود. مطالعات آب‌شناسی منطقه نشان می‌دهد که چاه‌های این منطقه، ۲۵ لیتر در ثانیه آب‌دهی خواهند داشت. بنابراین حفر حداقل ۸ حلقه چاه برای تامین آب کارخانه الزامی است[۲]. بر اساس اطلاعات اخذ شده از سازمان آب استان آذربایجان شرقی، تامین آب کارخانه از دشت شربیان به میزان ۳ میلیون مترمکعب در سال و مابقی آن (۲ میلیون متر مکعب در سال) از حوالی اوجان‌چای میسر است. لذا از ۸ حلقه چاه تامین کننده آب کارخانه، ۵ حلقه بایستی در دشت شربیان و ۳ حلقه در حوالی اوجان‌چای حفر شود. آب از دهانه چاه‌ها تا محل کارخانه با استفاده از خط لوله انتقال خواهد یافت. لذا فاصله چاه‌ها تا هر یک از محل‌های انتخابی احداث کارخانه باید مورد توجه قرار گیرد. این فواصل در جدول ۲ درج شده است.

۵-۳. تامین برق

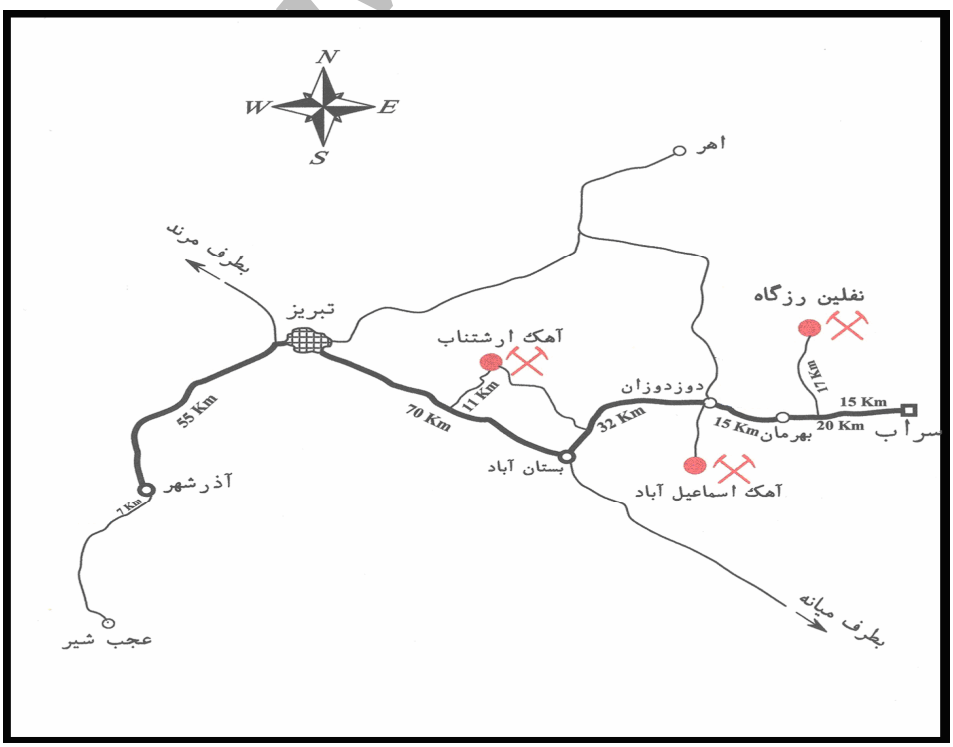
با توجه به مقدار برق مصرفی کارخانه و توان مورد نیاز برای برق‌رسانی به مجتمع، تنها شبکه ۲۳۰ کیلوولتی موجود در منطقه (پست برق تکمه‌داش) جواب‌گوی نیازها خواهد بود. فاصله این پست برق تا هر یک از محل‌های انتخابی احداث کارخانه باید مورد توجه قرار گیرد. این فواصل در جدول ۲ درج شده است.

۵-۴. تامین گاز

بر اساس بررسی‌های به عمل آمده میزان سوخت مورد نیاز ۷۰۰ میلیون متر مکعب گاز خواهد بود که از خط سراسری گاز تامین خواهد شد[۱]. لذا فاصله خط سراسری گاز تا هر یک از محل‌های انتخابی احداث کارخانه باید مورد توجه قرار گیرد. این فواصل در جدول ۲ درج شده است.

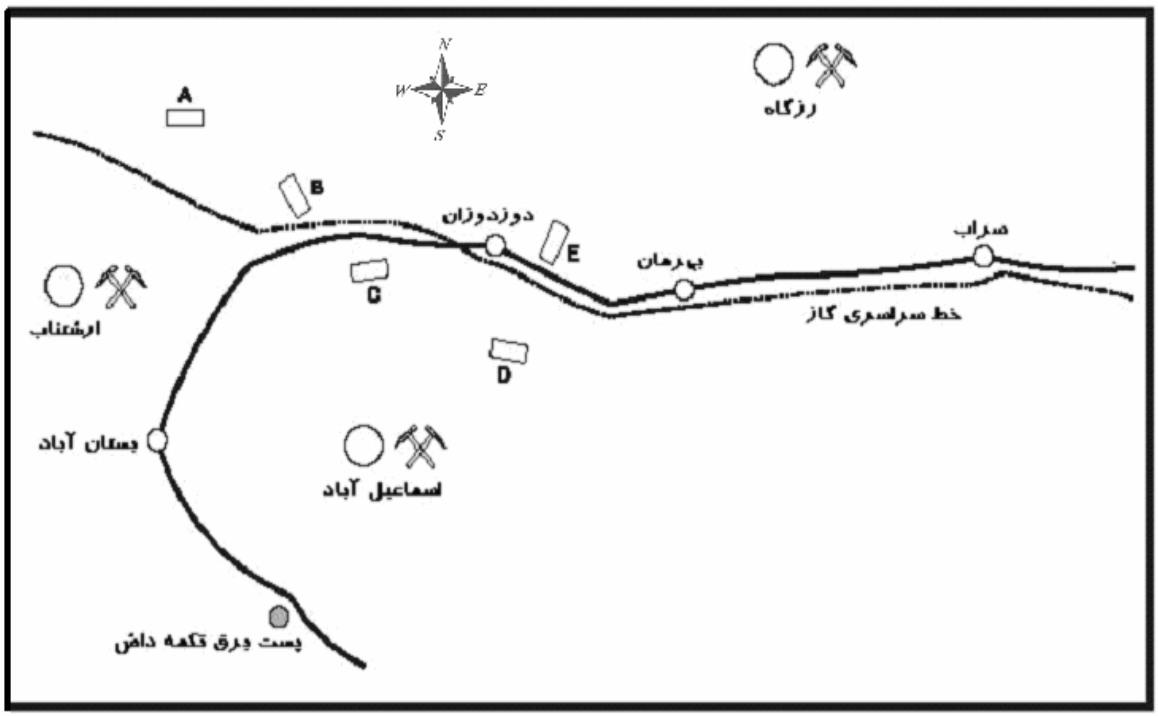
۵-۵. تامین زمین

کارخانه آلومینا–سیمان باید در زمینی به مساحت ۴۰۰ هکتار احداث شود. محل‌های احتمالی A و E از نظر کشاورزی مرغوب لذا قیمت خرید آن‌ها زیاد و سایر محل‌های احتمالی از نظر کشاورزی نامرغوب لذا قیمت خرید آن‌ها کم خواهد بود. لذا از نظر زمین محل‌های احتمالی B، C و D مساعد و محل‌های احتمالی A و E نامساعد خواهند بود.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی معادن تامین کننده خوراک کارخانه

www.SID.ir



شکل۲. محل‌های احتمالی برای احداث کارخانه

جدول ۱. مقایسه محل‌های احتمالی احداث کارخانه آلومینا – سیمان از نظر حمل و نقل [۲]

پارامتر	واحد	A	B	C	D	E
فاصله از معدن رزگاه	کیلومتر	۴۱	۳۵	۲۷	۲۸	۱۷
تولید سالانه معدن رزگاه	میلیون تن	۱/۲۸	۱/۲۸	۱/۲۸	۱/۲۸	۱/۲۸
فاصله – تولید (معدن رزگاه)	کیلومتر . میلیون تن	۵۲/۴۸	۴۴/۸	۳۴/۵۶	۳۵/۵۴	۲۱/۷۶
فاصله از معدن ارشتناب	کیلومتر	۱۱	۱۵	۲۲	۲۷	۳۵
تولید سالانه معدن ارشتناب	میلیون تن	۲/۳۸	۲/۳۸	۲/۳۸	۲/۳۸	۲/۳۸
فاصله – تولید (معدن ارشتناب)	کیلومتر . میلیون تن	۲۶/۱۸	۳۵/۷	۵۲/۳۶	۶۴/۲۶	۸۳/۳
فاصله از معدن اسماعیل‌آباد	کیلومتر	۲۴	۱۶	۱۲	۹	۱۷
تولید سالانه معدن اسماعیل‌آباد	میلیون تن	۱/۲۴	۱/۲۴	۱/۲۴	۱/۲۴	۱/۲۴
فاصله – تولید (معدن اسماعیل‌آباد)	کیلومتر . میلیون تن	۲۹/۷۶	۱۹/۸۴	۱۴/۸۸	۱۱/۱۶	۲۱/۰۸
جمع	**کیلومتر . میلیون تن**	**۱۰۸/۴۲**	**۱۰۰/۳۴**	**۱۰۱/۸**	**۱۱۱/۲۶**	**۱۲۶/۱۴**

جدول۲. فواصل چاه‌های آب، پست برق و خط سراسری گاز تا هر یک از محل‌های احتمالی

محل احتمالی	فاصله از شربیان (کیلومتر)	فاصله از اوجان‌چای (کیلومتر)	فاصله از پست برق(کیلومتر)	فاصله خط سراسری گاز(کیلومتر)
A	۲۵	۷	۳۴	۲۵۰۰
B	۱۵	۱۰	۲۸	۲۵۰
C	۳	۱۶	۲۴	۲۰۰۰
D	۵	۲۵	۲۵	۴۰۰۰
E	۶	۲۵	۳۴	۲۰۰۰

Archive of SID

www.SID.ir

۶. روش الکتر
(Elimination et Choice Translating Reality)

روش الکتر توسط بنایون (Benayoun) ارائه شد و سپس توسط وان دلفت (Van Delft)، نیجکامپ(Nijkamp)، روی (Roy) و سایر همکارانشان توسعه داده شده است. در روش الکتر از مفهوم تسلط به صورت ضمنی استفاده می‌شود. دراین روش گزینه‌ها به صورت زوجی با یکدیگر مقایسه می‌شوند و گزینه‌های مسلط و ضعیف (یا غالب و مغلوب) شناسایی شده و سپس گزینه‌های ضعیف و مغلوب حـذف می‌شوند[۳] . اگر در یک مساله تصمیم‌گیری چند معیاره، n معیار و m گزینه وجود داشته باشد، به منظور انتخاب بهترین گزینه با استفاده از روش الکتر مراحل زیر باید انجام شود:

۶-۱. تشکیل ماتریس تصمیم

با توجه به تعداد معیارها و تعداد گزینه و ارزیابی همه گزینه‌ها برای معیارهای مختلف، ماتریس تصمیم به صورت زیر تشکیل می‌شود:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \cdots & \cdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

که در آن x_{ij} عملکرد گزینه i ام (i=1,2,...,m) در رابطه با معیار jام (j=1,2,…,n) می‌باشد.

۶-۲. بی‌مقیاس کردن ماتریس تصمیم

در این مرحله سعی می‌شود معیارها با ابعاد مختلف به معیارهایی بدون بعد تبدیل شوند و ماتریس R به صورت زیر تعریف شود:

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & \cdots & r_{1n} \\ \vdots & \cdots & \cdots \\ r_{m1} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix}$$

روش‌های مختلفی برای بی واحد کردن وجود دارد، اما در روش الکتر معمولاً از رابطه زیر استفاده می‌شود[۴]:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}^2}} \qquad (۱)$$

۶-۳. تعیین ماتریس وزن معیارها

در این مرحله با توجه به ضریب اهمیت معیارهای مختلف در تصمیم‌گیری، ماتریسی به صورت ذیل تعریف می‌شود:

$$W = \begin{bmatrix} w_1 & & 0 \\ \vdots & w_2 \cdots & \cdots \\ 0 & \cdots & w_n \end{bmatrix}$$

همان گونه که ملاحظه می‌شود ماتریس W یک ماتریس قطری است که فقط عناصر روی قطر اصلی آن غیر صفر و مقدار این عناصر مساوی ضریب اهمیت بردار مربوطه است.

۶-۴. تعیین ماتریس تصمیم وزن‌دار نرمال شده

ماتریس تصمیم وزن‌دار از ضرب ماتریس تصمیم بی‌مقیاس شده در ماتریس وزن معیارها به دست می‌آید:

$$V = R \times W = \begin{bmatrix} v_{11} & \cdots & v_{1n} \\ \vdots & \cdots & \cdots \\ v_{m1} & \cdots & v_{mn} \end{bmatrix}$$

۶-۵. تشکیل مجموعه معیارهای موافق و مخالف

برای هر زوج گزینه (k,e=1,2,…,m , k#e) e,k مجموعه معیارها $J = \{1,2,...,m\}$ به دو زیر مجموعه موافق و مخالف تقسیم می‌شوند. مجموعه موافق (S_{ke}) مجموعه‌ای از معیارهاست که در آن‌ها گزینه k نسبت به گزینه e ترجیح دارد و مجموعه مکمل آن مجموعه مخالف (I_{ke})می‌باشد. به زبان ریاضی:

$$S_{ke} = \{j | v_{kj} \geq v_{ej}\} \qquad (۲)$$

$$I_{ke} = \{j | v_{kj} \prec v_{ej}\} \qquad (۳)$$

۶-۶. تشکیل ماتریس توافق

برای تشکیل ماتریس توافق باید عناصر آن را که شاخص توافق نامیده می‌شوند محاسبه کرد. شاخص توافق از جمع وزن معیارهایی که در مجموعه موافق آمده‌اند، به دست می‌آید. بنابراین شاخص توافق c_{ke} که بین گزینه k و e می‌باشد، برابراست با [۳] :

$$c_{ke} = \frac{\sum_{j \in S_{ke}} W_j}{\sum_{j=1} W_j} \qquad (۴)$$

برای مجموعه وزن‌های نرمال شده $\sum_{j \in 1} W_j$ مساوی یک است لذا:

$$c_{ke} = \sum_{j \in S_{ke}} W_j \qquad (۵)$$

شاخص توافق بیان‌گر میزان برتری گزینه k بر گزینه e است که مقدار آن از صفر تا یک تغییر می‌کند. با محاسبه شاخص توافق

Archive of SID

www.SID.ir

برای همه زوج گزینه‌ها می‌توان ماتریس توافق را که یک ماتریس m×m است، به صورت زیر تعریف کرد. در حالت کلی این ماتریس متقارن نیست.

$$C=\begin{bmatrix} - & c_{12} & \cdots & c_{1m} \\ c_{21} & - & \cdots & c_{2m} \\ \vdots & \vdots & - & \vdots \\ c_{m1} & \cdots & c_{m(m-1)} & - \end{bmatrix}$$

۶-۷. تعیین ماتریس مخالف

شاخص عدم توافق (مخالف) به صورت زیر تعریف می‌شود[۳] :

$$d_{ke}=\frac{\max\limits_{j\in J_{ke}}\left|v_{kj}-v_{ej}\right|}{\max\limits_{j\in J}\left|v_{kj}-v_{ej}\right|} \qquad (۶)$$

مقدار شاخص عدم توافق (مخالف) از صفر تا یک تغییر می‌کند. با محاسبه شاخص عدم توافق برای همه زوج گزینه‌ها می‌توان ماتریس عدم توافق را که یک ماتریس m× m است، به صورت زیر تعریف کرد. در حالت کلی این ماتریس متقارن نیست.

$$D=\begin{bmatrix} - & d_{12} & \cdots & d_{1m} \\ d_{21} & - & \cdots & d_{2m} \\ \vdots & \vdots & - & \vdots \\ d_{m1} & \cdots & d_{m(m-1)} & - \end{bmatrix}$$

لازم به تذکر است که اطلاعات موجود در ماتریس توافق تفاوت‌های عمده‌ای با اطلاعات موجود در ماتریس مخالف دارد و در واقع این اطلاعات مکمل یکدیگرند. تفاوت میان وزن‌ها به وسیله ماتریس توافق حاصل می‌شود، حال آن که تفاوت میان مقادیر مشخص شده به وسیله ماتریس مخالف به دست می‌آید.

۶-۸. تشکیل ماتریس تسلط موافق

در قدم ششم نحوه محاسبه شاخص توافق c_{ke} بیان شد. هم اکنون در این قدم یک مقدار معین برای شاخص توافق مشخص می‌شود که آن را آستانه موافقت می‌نامند و با $\bar{c}$ نشان داده می‌شود. اگر c_{ke} بزرگ‌تر از $\bar{c}$ باشد، برتری گزینه k بر گزینه e قابل قبول است و گرنه گزینه k بر گزینه e برتری ندارد. مقدار آستانه موافقت از رابطه زیر محاسبه می‌شود[۳] :

$$\bar{c}=\sum_{\substack{k=1\\k\neq e}}^{m}\sum_{\substack{e=1\\e\neq k}}^{m}\frac{c_{ke}}{m(m-1)} \qquad (۷)$$

ماتریس تسلط موافق (F) با توجه به مقدار آستانه موافقت تشکیل می‌شود که اعضای آن بر اساس رابطه زیر مشخص می‌شود[۲]:

$$f_{ke}=\begin{cases}0 & c_{ke}\geq\bar{c}\\ 1 & c_{ke}<\bar{c}\end{cases} \qquad (۸)$$

۶-۹. تشکیل ماتریس تسلط مخالف

ماتریس تسلط مخالف (G) مانند ماتریس تسلط موافق تشکیل می‌شود. بدین منظور ابتدا باید آستانه مخالفت $\bar{d}$ توسط تصمیم‌گیرنده بیان شود که می‌تواند به عنوان مثال میانگین شاخص‌های مخالفت (عدم توافق) باشد[۳] . یعنی:

$$\bar{d}=\sum_{\substack{k=1\\k\neq e}}^{m}\sum_{\substack{e=1\\e\neq k}}^{m}\frac{d_{ke}}{m(m-1)} \qquad (۹)$$

همان گونه که در قدم هفتم بیان شد مقدار شاخص مخالفت (d_{ke}) هرچه کمتر باشد بهتر است زیرا میزان مخالفت (عدم توافق) جهت برتری گزینه k بر گزینه e را بیان می‌کند. چنان چه d_{ke} از $\bar{d}$ بزرگ‌تر باشد میزان مخالفت زیاد بوده و قابل صرف نظر نیست. بنابراین ماتریس عناصر تسلط مخالفت (G) به صورت زیر محاسبه می‌شود[۳] :

$$g_{ke}=\begin{cases}0 & d_{ke}>\bar{d}\\ 1 & d_{ke}\leq\bar{d}\end{cases} \qquad (۱۰)$$

هر عضو ماتریس G نیز نشان‌گر رابطه تسلط مابین گزینه‌ها می‌باشد.

۶-۱۰. تشکیل ماتریس تسلط نهایی

ماتریس تسلط نهایی H از ضرب تک تک درایه‌های ماتریس تسلط موافق F در ماتریس تسلط مخالف G حاصل می‌شود[۳] :

$$h_{ke}=f_{ke}.g_{ke} \qquad (۱۱)$$

۶-۱۱. حذف کردن گزینه‌های با رضایت کمتر و انتخاب بهترین گزینه

ماتریس تسلط نهایی H ترجیحات جزیی گزینه‌ها را بیان می‌کند. به طور مثال، اگر مقدار h_{ke} برابر یک باشد بدین معناست که برتری گزینه k بر گزینه e در هر دو حالت موافق و مخالف قابل قبول است (یعنی برتری آن از حد آستانه موافقت بیشتر بوده و

Archive of SID

www.SID.ir

مخالفت و یا ضعف آن نیز از حد آستانه مخالفت کمتر است) و لیکن هنوز گزینه k شانس مسلط شدن توسط گزینه‌های دیگر را دارد. گزینه‌ای باید انتخاب شود که بیشتر از آن که مغلوب شود، تسلط داشته باشد و از این نظر می‌توان گزینه‌ها را رتبه‌بندی کرد.

۷. انتخاب محل احداث کارخانه آلومینا – سیمان

با توجه به معیارهای مذکور و محل‌های احتمالی احداث کارخانه و ارزیابی محل‌ها برای معیارهای مختلف، ماتریس تصمیم اولیه به صورت جدول ۳ خواهد بود که معیارهای حمل و نقل، آب، برق و گاز کمی بوده ولی معیار زمین یک معیار کیفی است که در در ابتدا این معیار را باید کمی کرد. برای کمی کردن برای زمین‌های نامساعد مقدار صفر و برای زمین‌های مساعد مقدار یک در نظر گرفته شده است. لذا ماتریس تصمیم به صورت ماتریس مندرج در شکل ۳ – الف و ماتریس بی‌مقیاس شده به صورت ماتریس مندرج در شکل ۳ – ب خواهد بود.

جدول۳. ماتریس تصمیم اولیه

محل	حمل و نقل	آب	برق	گاز	زمین
A	۱۰۸/۴۲	۱۴۶	۳۴	۲۵۰۰	نامساعد
B	۱۰۰/۳۴	۱۰۵	۲۸	۲۵۰	مساعد
C	۱۰۱/۸	۶۳	۲۴	۲۰۰۰	مساعد
D	۱۱۲/۲۶	۱۰۰	۲۵	۴۰۰۰	مساعد
E	۱۲۶/۱۴	۱۰۵	۳۴	۲۰۰۰	نامساعد

برای تعیین ضریب اهمیت معیارها نسبت به همدیگر، طبق روش پیشنهادی ساعتی ابتدا معیارها به صورت زوجی مقایسه شده است. تخصیص امتیازات عددی مربوط به مقایسه زوجی دو معیار براساس جدول ۴ صورت گرفته و به صورت ماتریس مندرج در شکل ۳-ج درج شده است.

جدول۴. طبقه بندی کمی و کیفی برای مقایسه زوجی[۵]

امتیاز عددی	مقایسه نسبی معیارها
۹	اهمیت مطلق
۷	اهمیت خیلی قوی
۵	اهمیت قوی
۳	اهمیت ضعیف
۱	اهمیت یکسان
۲، ۴، ۶ و ۸	ترجیحات بین فواصل فوق

پس از تشکیل ماتریس مقایسه زوجی، وزن نسبی معیارها قابل محاسبه می‌باشد. روش‌های مختلفی برای محاسبه وزن نسبی بر اساس ماتریس مقایسه زوجی وجود دارد که مهم‌ترین آن‌ها روش حداقل مربعات، روش حداقل مربعات لگاریتمی، روش بردار ویژه و روش‌های تقریبی می‌باشند.

از بین این روش‌ها روش بردار ویژه دقیق‌تر می‌باشد. در این روش W_i به گونه‌ای تعیین می‌شود که رابطه (۱۲) برقرار باشد:

$$A.W = \lambda.W \qquad (۱۲)$$

که در آن λ و W به ترتیب مقدار ویژه و بردار ویژه ماتریس مقایسه زوجی A می‌باشد. در حالتی که ابعاد ماتریس بزرگ‌تر باشد، محاسبه این مقادیر بسیار وقت‌گیر است. لذا برای محاسبه λ مقدار دترمینان ماتریس $A-\lambda.I$ مساوی با صفر قرار داده می‌شود و با قرار دادن بزرگ‌ترین مقدار λ حاصله در رابطه (۱۳) مقادیر W_i محاسبه می‌شود [۵] .

$$A-\lambda_{\max}.I=0 \qquad (۱۳)$$

برای ماتریس مقایسه زوجی بین معیارها (جدول ۸) بردار ویژه محاسبه شده است که به صورت زیر می‌باشد:

[0.6 , 0.11 , 0.19 , 0.04 , 0.06]

با توجه به ضریب اهمیت معیارهای مختلف در تصمیم‌گیری، ماتریس وزن معیارها به صورت ماتریس مندرج در شکل ۳-د خواهد بود. از ضرب ماتریس تصمیم بی‌مقیاس شده در ماتریس وزن معیارها، ماتریس تصمیم وزن‌دارمطابق شکل ۳-ه به دست می‌آید. پس از تعیین ماتریس تصمیم وزن‌دار، گزینه‌های مختلف نسبت به همدیگر مقایسه و مجموعه معیارهای موافق و مخالف مطابق جدول ۵ به دست آمده است. در مرحله بعد با توجه به مجموعه معیارهای موافق و مخالف برای هر زوج گزینه، ماتریس‌های موافق و مخالف مطابق ماتریس‌های مندرج در شکل ۳-و و ۳-ز تعیین شده است.

با توجه به ماتریس‌های موافق و مخالف و روابط ۷ و ۹ مقادیر آستانه موافقت و آستانه مخالفت به ترتیب ۰/۴۹۵ و ۰/۶۰۶۲ خواهد بود. با استفاده از روابط ۸ و ۱۰ ماتریس‌های تسلط موافق و تسلط مخالف تعیین و در شکل ۳-ح و ۳-ط درج شده‌اند. در نهایت ماتریس تسلط نهایی با توجه به رابطه ۱۱ محاسبه شده و در شکل ۳-ی درج شده است. بر اساس این ماتریس تعداد دفعاتی که هر گزینه تسلط داشته و تعداد دفعاتی که بر آن غلبه شده است، محاسبه شده و در جدول ۶ درج شده است. ملاحظه می‌شود که گزینه‌های A ، D و E بیش از آن که مسلط شوند، مغلوب شده‌اند لذا این گزینه‌ها حذف می‌شوند. اما گزینه‌های B و C از نظر مسلط شدن و مغلوب شدن وضعیت مشابهی دارند لذا این دو محل را می‌توان برای بررسی‌های بیشتر انتخاب کرد.

Archive of SID

www.SID.ir

$$X = \begin{bmatrix} 108 & .42 & 146 & 34 & 2500 & 0 \\ 100 & .24 & 105 & 28 & 250 & 1 \\ 101 & .80 & 63 & 24 & 2000 & 1 \\ 112 & .26 & 100 & 25 & 4000 & 1 \\ 126 & .14 & 105 & 34 & 2000 & 0 \end{bmatrix}$$

الف- ماتریس تصمیم

$$R = \begin{bmatrix} 0.440 & 0.610 & 0.519 & 0.451 & 0 \\ 0.407 & 0.438 & 0.427 & 0.045 & 0.577 \\ 0.413 & 0.263 & 0.366 & 0.363 & 0.577 \\ 0.456 & 0.418 & 0.381 & 0.726 & 0.577 \\ 0.512 & 0.438 & 0.519 & 0.363 & 0 \end{bmatrix}$$

ب- ماتریس تصمیم بی مقیاس شده

$$S = \begin{bmatrix} 1 & 6 & 5 & 9 & 9 \\ 1/6 & 1 & 1/2 & 3 & 1/3 \\ 1/5 & 2 & 1 & 5 & 4 \\ 1/9 & 1/3 & 1/5 & 1 & 1/2 \\ 1/9 & 1/3 & 1/4 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

ج- مقایسه زوجی معیارهای مختلف

$$W = \begin{bmatrix} 0.6 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.11 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.19 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.04 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.06 \end{bmatrix}$$

د- ماتریس وزن معیارها

$$V = \begin{bmatrix} 0.268 & 0.067 & 0.099 & 0.018 & 0 \\ 0.244 & 0.048 & 0.081 & 0.002 & 0.06 \\ 0.248 & 0.029 & 0.070 & 0.015 & 0.06 \\ 0.273 & 0.046 & 0.072 & 0.029 & 0.06 \\ 0.307 & 0.048 & 0.099 & 0.015 & 0 \end{bmatrix}$$

ه- ماتریس تصمیم وزن‌دار نرمال شده

$$C = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0.64 & 0.66 \\ 1 & 0 & 0.7 & 0.045 & 0.89 \\ 1 & 0.36 & 0 & 0.7 & 0.96 \\ 0.36 & 0.36 & 0.06 & 1 & 0.96 \\ 0.21 & 0 & 0 & 0 & 0.04 \end{bmatrix}$$

و- ماتریس توافق

$$D = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 0.43 \\ 0 & 0 & 1 & 0.29 & 0 \\ 0 & 0.66 & 0 & 0 & 0 \\ 0.31 & 1 & 0.06 & 0 & 0.42 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

ز- ماتریس مخالف

$$F = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

ح- ماتریس تسلط موافق

$$G = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

ط- ماتریس تسلط مخالف

$$H = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

ی- ماتریس تسلط نهایی

شکل ۳. ماتریس‌های مختلف برای انتخاب محل مناسب با استفاده از روش الکتر

جدول۵. تشکیل مجموعه معیارهای موافق و مخالف

	مجموعه معیارهای موافق	مجموعه معیارهای مخالف
محل A نسبت به محل B	-	حمل و نقل، آب، برق، گاز، زمین
محل A نسبت به محل C	-	حمل و نقل، آب، برق، گاز، زمین
محل A نسبت به محل D	حمل و نقل ، گاز	آب، برق، زمین
محل A نسبت به محل E	حمل و نقل	آب، برق
محل B نسبت به محل A	حمل و نقل، آب، برق، گاز، زمین	-
محل B نسبت به محل C	گاز	آب، برق
محل B نسبت به محل D	حمل و نقل، گاز	آب، برق
محل B نسبت به محل E	حمل و نقل، برق، گاز، زمین	-
محل C نسبت به محل A	حمل و نقل، آب، برق، گاز، زمین	-
محل C نسبت به محل B	آب، برق	گاز
محل C نسبت به محل D	حمل و نقل، آب، برق، گاز	-

Archive of SID

www.SID.ir

ادامه جدول۵. تشکیل مجموعه معیارهای موافق و مخالف

	مجموعه معیارهای موافق	مجموعه معیارهای مخالف
محل C نسبت به محل E	حمل و نقل، آب، برق، زمین	–
محل D نسبت به محل A	آب، برق، زمین	حمل و نقل، گاز
محل D نسبت به محل B	آب، برق	حمل و نقل، گاز
محل D نسبت به محل C	–	حمل و نقل، آب، برق، گاز
محل D نسبت به محل E	حمل و نقل، آب، برق، زمین	گاز
محل E نسبت به محل A	آب، برق	حمل و نقل
محل E نسبت به محل B	–	حمل و نقل ، برق، گاز، زمین
محل E نسبت به محل C	–	حمل و نقل، آب، برق، زمین
محل E نسبت به محل D	گاز	حمل و نقل، آب، برق، زمین

جدول ۶. تعداد مسلط و مغلوب شدن هر یک از محل‌های انتخابی

	تعداد مسلط شدن	تعداد مغلوب شدن	اختلاف
A	۱	۲	-۱
B	۳	۰	۳
C	۳	۰	۳
D	۱	۲	-۱
E	۰	۴	-۴

۸. نتیجه گیری

با توجه به تقاضای آلومینا و سیمان در کشور، طرح احداث کارخانه آلومینا – سیمان در استان آذربایجان شرقی مورد توجه قرار گرفته است. بر اساس تکنولوژی در نظر گرفته شده برای تولید آلومینا، سیمان و کربنات‌ها از کارخانه، سنگ نفلین سینیت، سنگ آهک، بوکسیت، سنگ آهن، گچ و خاک رس، مواد خام لازم برای کارخانه مورد نظر می‌باشند. بر این اساس مقدار لازم از هر یک و محل معادن تامین کننده مواد اصلی (سنگ نفلین و آهک) تعیین شده است. برای انتخاب محل مناسب احداث این کارخانه معیارهای مختلفی باید مورد توجه قرار گیرد که مهم‌ترین آن‌ها حمل و نقل، تامین آب، تامین برق، تامین گاز و زمین می‌باشد. لذا تعیین محل احداث کارخانه یک مساله برنامه‌ریزی چند معیاره می‌باشد. در این مطالعه پس از تعیین محل‌های احتمالی و معیارهای موثر از روش الکتر استفاده شده و مناسب‌ترین محل برای احداث کارخانه مذکور تعیین شده است.

مراجع

[۱] مهندسین مشاور کانی کاوان شرق، پروژه خدمات مهندسی انتخاب مقدماتی ساختگاه کارخانه تولید آلومینا از نفلین سینیت، بهمن ماه،۱۳۸۱.

[2] Vami, *"Project Opportunity Study on Integrated use of the Razgah Nepheline Ores", Iran by metallurgical processing into Alumina, Cement, Sodium Carbonate and potash*, final report, volume, general explanatory note, 1992.

[3] Roy, B., *"The Outranking Approach and the Foundation of ELECTRE Methods*, Theory and Decision,31, 1991, pp 49-73.

[4] Tille, M., Dumont, A.G., *"Methods of Multicriteria Decision Analysis Within the Road Projects like an Element of the Sustainability"*, 3 rd Swiss Transport Research Conference, March 19-21, 2003.

[5] Saaty, T.L., *"Decision Making for leader"*, RWS Publication, 315P, 2001.

Archive of SID

www.SID.ir